

Fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi

Knut Raa

Bachelor

Innvirkningen av høsteteknikk og lagringsforhold på gulrotsvinn grunnet soppsykdommer – en litteraturstudie

The influence of harvesting techniques and storage conditions on carrot loss due to
fungal diseases – a literature review

Landbruksteknikk

2019

Forord

Denne bacheloroppgaven er gjennomført ved fakultet for anvendt økologi, landbruksfag og bioteknologi på Høgskolen i Innlandet våren 2019. Oppgaven er utført på bakgrunn av min interesse og erfaring i gulrotproduksjon da jeg er oppvokst på gård. Helt siden min bestefar startet med produksjonen for over 40 år siden har det blitt dyrket og pakket gulrot på gården. Jeg har observert at hvert år ender de fleste produsentene opp med mye svinn når det går mot slutten av sesongen. Økningen i svinnet skyldes som oftest utvikling av lagringssykdommer.

Jeg vil takke:

- Min veileder Svein Solberg for gode råd og vinkling av oppgave
- Sarah Loftheim og Wenche Lind for hjelp med kilder
- Medstudenter for gode diskusjoner og oppgavestruktur
- Venner og familie for korrekturlesing
- Min far Ivar Raa for mange år med opplæring i teori og praksis av gulrotproduksjon.

Blæstad, 29. Mars 2019

Knut Raa

Innholdsliste

FORORD	2
NORSK SAMMENDRAG	4
ENGELSK SAMMENDRAG (ABSTRACT)	5
1. BAKGRUNN	6
1.1 PROBLEMSTILLING OG AVGRENSING	7
2. GULROT	8
3. PLANTEPATOGENE SYKDOMMER	9
3.1 KLOSOPP (<i>MYCOCENTROSPORA ACERINA</i>)	9
3.2 GULROTKVITFLEKK (<i>FIBULARRHIZOCTONIA CAROTAE</i>)	10
3.3 STORKNOLLA RÅTESOPP (<i>SCLEROTINIA SCLEROTIORUM</i>).....	10
3.4 GRÅSKIMMEL (<i>BOTRYTIS CINEREA</i>).....	10
4. JORD OG VEKSTSKIFTE	11
5. HØSTING OG HØSTETEKNIKK	12
6. LAGRING	14
7. DISKUSJON	16
8. KONKLUSJON	18
LITTERATURLISTE	19

Norsk sammendrag

Denne bacheloroppgaven omhandler innvirkningen av høsteteknikk og lagringsforhold på gulrotsvinn grunnet sopp sykdommer. Oppgavens hensikt er å bruke litteratur for å belyse faktorer som påvirker lagringsevnen til gulrot ved å se på hvordan man kan minimere gulrotsvinn grunnet plantepatogene sopp sykdommer. For å hindre gulrotsvinn ved langtidslagring, må smittepresset i jorda reduseres og gulrotas plantevev være optimalt.

Tiltakene for reduksjon av smittepresset må passe biologien til sopp sykdommen. Soppene overlever flere år i jorda som hvilesporer, men trenger vertsplanter for å overleve.

Vekstskifte uten vertsplantematerial brukes for å redusere mengden spiredyktige sporer i jorda.

Tiltak for å hindre smitte på avlingen er en viktig del av lagringsevnen til rota. De fleste sopp sykdommer trenger sår eller svekket vev for å smitte gulrota. Dermed vil en skånsom høsting uten skader føre til økt lagringsevne. Minimering av jord og planterester i kassene vil også redusere smittepresset på lager.

Ettersom svekking og nedbryting av plantevevet er uunngåelig, må man optimalisere og opprettholde plantevevets kvalitet gjennom alle ledd av produksjonen.

Engelsk sammendrag (abstract)

This bachelor thesis deals with the impact of harvesting techniques and storage conditions on carrot loss due to fungal diseases. The purpose of the assignment is to use literature to elucidate factors effecting the storability of carrot by looking at how to minimize carrot loss due to plant pathogenic fungal diseases. In order to prevent the carrot loss during long-term storage, the infection pressure in the soil must be reduced and the carrot's plant tissue must be optimal.

The measures for reducing the infection pressure must match the biology of the fungal disease. The fungi survive several years in the soil as a resting spore but need host plants to survive. Crop rotation without host plant material is used to reduce the amount of sprouting spores in the soil.

Measures to prevent infection in the crop are an important part of the storability of the root. Most fungal diseases need wounds or weakened tissue to infect carrots. Thus, gentle harvesting without damage will lead to increased storability. Minimizing soil and plant residues in the boxes will also reduce the infection pressure in storage.

As the weakening and degradation of the plant tissue is inevitable, one must optimize and maintain the quality of the plant tissue through all stages of production.

1. Bakgrunn

Gulrot er en viktig grønnsak i Norden og har blitt dyrket her i århundre (Schmidt, 2012). Gulrota er veldig sensitiv ovenfor påvirkning av biotisk og abiotisk stress og gjennom hele produksjonen, fra jord til bord utsettes den for faktorer som gjenspeiles i kvaliteten (Seljåsen et al., 2013). Lagring av gulrota gjennom vintermånedene er avgjørende for en stabil forsyning av gulrot til markedet. Siden man ikke kan lagre seg til bedre kvalitet, er det viktig at produsenten har kontroll på faktorene som virker inn på kvaliteten frem til og med høsting (Suojala, 1999). Sett bort fra kvotereguleringen, skal det i teorien være mulig å øke selvforsyningsgraden av rotgrønnsaker i Norge, men da må svinnet reduseres og utnyttelsen av potensialet i landarealene må forbedres (Hind, 2016).

En av de største utfordringene i produksjonen er å hindre at kvaliteten på gulrota reduseres under lagring. Kvaliteten påvirkes av fordampning og ånding men hovedårsaken til lagringssvinn er utviklingen av soppsykdommer fra plantepatogener (Suojala, 1999). Patogene sopp sporer kan ligge latent i jorda i flere år og følger med rota inn på lager, der de mest problematiske soppartene er klosopp (*Mycosentrospora acerina*) og gulrotkvitfleck (*Fibularhizoconia carotae*) (Wold, Thomsen & Hermansen, 2014). Gulrota produserer naturlig antimikrobielle stoffer som forsvaret den mot sopputvikling under veksten, men dette innholdet reduseres utover høsten og på lager. Det er når nivået av forsvarsstoffene reduseres eller den strukturelle oppbygningen av rota brytes ned at gulrota begynner å vise tegn til smitte (Schmidt, 2012).

Mye av grunnlaget for lagringsevnen legges ved høsting og hovedsakelig brukes maskinell høsting i gulrotproduksjon. En skånsom håndtering av gulrøttene er viktig da maskinhøsting kan føre til skader og dermed fremme råteutvikling og dårligere holdbarhet (Solberg, 2003). Gjennom en normal sesong kastes det gjennomsnittlig 27% av total mengde produsert gulrot, der ca. halvparten av dette er grunnet plantepatogene sykdommer. Tidlig i sesongen ser man ikke noe til sykdoms-problemene og dermed kastes det lite gulrot i denne perioden. Mot slutten av sesongen derimot, kan mengden avfall i noen tilfeller komme opp i 70% hos pakkeriene med lengst sesong. Produsenter forventer mye svinn og sår ofte 30 – 50% mer enn kvoten for å håndtere dette (Bond, 2016).

1.1 Problemstilling og avgrensing

Problemstillingen i dette litteraturstudiet er derfor:

Hvordan kan man minimere gulrotsvinn grunnet plantepatogene soppsykdommer?

På bakgrunn av problemstillingen skal det ses på hvordan de vanligste plantepatogene soppsykdommene overlever i jorda, smitter avlingen og utvikler seg på lager. Som avgrensing av oppgaven skal det ikke ses på gulrotsvinnet av frisk vare som ikke holder grossistens krav til størrelse og form. Heller ikke sykdommer fra virus eller bakterier.

2. Gulrot

Gulrot (*Daucus carota* ssp. *sativius*) er en del av skjermplantefamilien (*Apiaceae*) og kommer trolig fra ville arter ved Middelhavslandene og sørvest-Asia. Gulrota kom til Italia og Spania på 1300-tallet og til Norge rundt år 1660 (Balvoll, 1999; Lofthus, 2018). I dag dyrkes det ca. 52 057 tonn gulrot på 16 083 dekar i Norge med en snittavling på 3 237 kg per dekar (SSB, 2016). En god avling regnes derimot som 5 – 6 000 kg (Balvoll, 1999, s. 229).

Gulrota er en toårig vekst der planta setter frø andre året fra oppbygde næringsreserver i rota, men til industri og friskmarked høstes den som ettårig vekst (Schmidt, 2012). Etter såing og spiring kan livssyklusen til all frukt og grønt normalt sett deles inn i tre fysiologiske steg; vekst, modning og degenerering. Vekst og modning regnes som utviklingsfasen og involverer celledeling og cellevekst. Degenererings-fasen er overgangen fra anabole (syntetiske) biokjemiske prosesser til katabole (degenerative) prosesser som fører til nedbryting og deretter død av plantevevet. Gulrot høstes over et bredt spekter av aldre mellom vekst og modning. Ved høsting kuttes tilførselen av næring og lagret næring brukes til å vedlikeholde celleoppbygging (Wills, Mcglasson, Graham & Joyce, 2007, s. 29).

Rota består hovedsakelig av to vevstyper, det midtre vedvevet (*xylem*) og et tykt silvev (*phloem*) utenpå (Schmidt, 2012). I tillegg har gulrota en tynn ytterhud kalt korkhud (*periderm*) (UiO, 2018). Peridermen er en del av gulrotas evne til passivt forsvar mot patogener da den fungerer som en strukturell barriere (Schmidt, 2012). En annen viktig del av det passive forsvaret, er evnen til å produsere sopphekkende polyacetylene som faltarindiol og faltarindiol – 3 – acetat. Disse finnes bare i overflaten av peridermen og slippes ut ved skade på vevet. Det produseres også faltarinol som er tilstede i alle deler av gulrota (Wold et al., 2014). Gulrota har også et induert forsvar mot patogener der gulrota kan danne grå-brune korkceller over sår for å hindre smitte ved et senere tidspunkt (Schmidt, 2012; Seljåsen, Bengtsson, Hoftun & Vogt, 2001). Det produseres også et sterkt phytoaxelin (antimikrobiell metabolitt) kalt 6-methoxymellein som akkumuleres i rota og riset, som respons ved en soppinfeksjon og er regnet som det viktigste forsvaret (Louarn et al., 2012).

3. Plantepatogene sykdommer

Mange bakterier og sopper kan ødelegge store deler av frukt og grønt-avlingen (Wills et al., 2007, s. 131). Soppinfeksjoner utgjør den største trusselen for lagringssvinnet hos gulrot, da mange av soppartene kan ligge hvilende i jorda over flere år og kan være vanskelig å håndtere ved ensidig dyrking. Soppen overlever som ulike typer hvilesporer i jorda, avhengig av arten, og spirer når en vertsplante er tilstede og når forholdene ligger til rette (Balvoll, 1985, s. 73, 78).

Mange av de vanligste patogene soppene regnes som svake (sekundær parasitt) og smitter ikke rota før plantevevet er tilstrekkelig nedbrutt eller skade på vevet har oppstått. Det finnes derimot noen patogener som er sterke (primær parasitt) nok til å infisere friskt plantevev. Disse kan være ødeleggende i seg selv, men lager også inngangsport for andre svakere mikroorganismer. Forsvarsmekanismene til rota kan innkapsle og begrense spredning av infeksjoner. Sporen ligger da hvilende i vevet helt til forsvaret i rota reduseres over tid eller til vekstforholdene til sporen blir gunstige (Wills et al., 2007, s. 132-134). Gulrot kan utsettes for smitte i vekstsesongen, ved høsting og under lagring. I vekstsesongen kan svake sopper smitte bladverket ved hjelp av sporer overført med vannsprut og vind mens sterkere sopper kan smitte rota direkte. Infisert bladverk kan spre smitten til rota, ødelegge riset eller følge med inn på lager. Røtter smittet i vekstsesongen kan vise lite tegn til smitte eller allerede være ødelagt av sopper ved opptak sent på høsten. Ofte kan sopper følge med inn på lager via jord og planterester eller sår på røttene dannet under høsting (Balvoll, 1985, s. 78).

3.1 Klosopp (*Mycocentrospora acerina*)

Klosopp står for hoveddelen av avlingstapet fra lagringssykdommer i Norge og har utbredelse over hele landet. Det er påvist rundt 90 vertsplanter og 20 av disse er klassifisert som ugress. Klosoppen trenger vertsplanter for å formere seg men kan overleve i jorda i flere år som hvilesporer (klamydosporer). Disse hvilesporene spirer i nærvær av en vertsplante og danner ukjønnete sporer (konidier). De ukjønnete sporene kan smitte riset og spre seg videre til rota. Mycel og hvilesporer kan smitte rota om de følger med inn på lager og kan vokse ned mot -3°C men soppen sprer seg ikke til friske røtter på lager. Det er ofte toppen og rotspissen som infiseres og danner da en svart, porøs, saftig og ofte dyp råte. Vekstskifte, skånsom høsting og 2 – 4 sprøytinger i året anbefales som bekjempelse (Hermansen, 2011b).

3.2 Gulrotkvitflekk (*Fibularrhizoctonia carotae*)

Gulrotkvitflekk er påvist i de fleste gulrot-distriktene, men skadeomfanget er størst på Østlandet. Utenom gulrot er knollselleri, hvitkål, kålrot, bete, potet og purre registrerte vertsplanter for soppen. Soppen overlever i jorda som hvileknoller (sklerotier) eller på organisk materiale som mycel. Svekkede blader kan smittes av soppen og infeksjonen kan spre seg videre til rota derfra. Det er også vanlig at mycel og hvileknoller følger med inn på lager via jorda der smitte kan skje direkte mellom røttene. Soppen kan vokse ned mot -3°C og tegn til smitte vises ikke før etter flere måneders lagring. Rene kasser eller kasseforinger til lagring anbefales da soppen overlever i treverk. Jorder med høyt smittepress bør unngås. Fjerning av så mye bladverk og jord som mulig ved høsting vil minimere smittepresset i kassene. Soppmiddel kan også benyttes (Hermansen, 2011a).

3.3 Storknolla råtesopp (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Storknolla råtesopp finnes i alle deler av landet, har over 400 vertsplanter og kan overleve i jorda som hvileknoller i mer enn 4 år. Hvileknoller ned til 5 cm i jorda kan danne sekksporer som kan spres over lange avstander, men trenger vissent eller sterkt svekket plantemateriale for å overleve. Hvileknollene til soppen kan også danne mycel som kan infisere friske planter og derfra spre smitten fra plante til plante. Infeksjon av soppen vises først som et hvitt, tett soppmycel før det raskt går over til en bløt, lys og dyp råte. Soppen vokser svært raskt i romtemperatur, men ned mot 0°C hemmes utviklingen. Til bekjemping anbefales lite jord og planterester i lagringskassene, utsortering av synlig råteinfiserte eller mekanisk skadde røtter, rask nedkjøling, vekstskifte og forebyggende sprøyting (Hermansen, 2017).

3.4 Gråskimmel (*Botrytis cinerea*)

Gråskimmel finnes overalt og kan angripe de fleste planteslag. Soppen overlever på visnet, dødt og gammelt plantemateriale som mycel og sklerotier i flere år. Sklerotiene kan danne konidier som lett kan spres med vind og vannsprut både i åker og på lager. Ved tilgang på vann kan sporene trenge inn i plantevev men soppen smitter hovedsakelig svekket vev med mycel. Soppen danner først en fast, lys brun eller rødbrun råte for så å produsere et gråaktig eller hvitt soppbelegg utenpå. Til bekjemping anbefales skånsom høsting, høy luftfuktighet på lager og så lav lagringstemperatur som mulig (Hermansen, Stensvand & Bøvre, 2018).

4. Jord og vekstskifte

En stor gulrot har bedre lagringsevne enn en liten gulrot da små røtter er mer utsatt for uttørking og dermed nedbryting av plantevevet. For å oppnå en jevn avling av større røtter stiller dette krav til jordsmonnet. Gulrota trives best i lettere jord som silt eller sandjord med innhold av silt- eller mold. Jordlaget må være dypt nok og nokså stein- og klumpfritt slik at rota kan utvikles til full lengde. Godt drenert og dyp myrjord er også velegnet (Balvoll, 1999, s. 215, 227). Godt etablerte gulrøtter tåler tørkestress mye bedre enn drukning, men begge tilfeller kan redusere veksten drastisk. Skaden på avlingen øker med tid og økt temperatur. Utenom redusert vekt og lengde på rota kan høyt vanninnhold i jorda føre til sprekkdannelse, misfarging og rot-forgrening. En svært vannmettet jord vil også påvirke smittepresset i jorda da vekstforholdene til ulike sopper kan bedres (Schmidt, 2012).

Vekstskifte kan redusere smittepresset i jorda da forholdet mellom patogen og vert ofte er artsspesifikk. Hos gulrot har derimot noen av de mest ødeleggende patogener flere vertsplanter (Schmidt, 2012). Vekstskifte med en kultur som ikke er vert for et gitt patogen, er veldig viktig for å redusere utgangspunktet for skadeomfanget. Korn eller raigrasarter kan være fordelaktig da disse ofte har få eller ingen felles sykdommer. Potet og kløvereng kan nyttes dersom storknolla råtesopp ikke er et problem, da disse er vertsplanter (Solberg, 2016). Kløvereng kan over tid også bygge opp et uønsket nivå av nitrogen i jorda. Gulrot trenger en del fosfor og kalium samt andre næringsstoffer, men nitrogentilførselen må man være påpasselig med. Bor er også spesielt viktig da det styrker celleveggene og dermed også forsvarsevnen til rota. I år med vekstskifte kan man også tilføre kalk og organisk materiale fra kompostert husdyrgjødsel. Gulrota trives best i jord med pH mellom 6 – 7, da dette gjør næringsstoffene i jorda mest tilgjengelige for planta. Jordprøver bør tas da dette gir et tydelig bilde av behovet for næringsstoffer, organisk materiale og kalk (Solberg, 2003).

5. Høsting og høsteteknikk

Høsting foregår i all hovedsak maskinelt der toppløfterprinsippet er vanligst. De mest brukte toppløftermaskinene i Norge kommer fra ASA-Lift A/S som leverer opptakere til høsting av en eller flere rader samtidig. Toppløfterne er normalt sett traktor-monterte men kan også fås i slepe- eller selvgående utgave. Hovedprinsippet for maskinene er derimot likt (Balvoll, 1999). Et jordgående horisontalt skjær løser jorda under gulrota mens en bladløfter på hver side av raden løfter og samler riset. Deretter klemmes to belter fast over riset og løfter gulrota opp av jorda. Beltene transporterer gulrøttene forbi et jordskillingsorgan og opp til et roterende knivbjelkesystem som fjerner riset fra gulrota og kaster det ut bak. Røttene faller så ned på ett eller flere ulike transport- eller sorteringsbånd før de ender opp i kasser med eller uten falldempersystem. Man får også et bredt spekter tilleggsutstyr på maskinen som kan gi mer skånsom håndtering, som hydrauliske bladløftere, hydraulisk jordskillingsorgan og vinklede transportbånd eller kasseløfter (ASA-Lift A/S, 2013).

Ved høsting oppstår det en risiko for å påføre mekanisk stress og sår på gulrøttene. Når man høster gulrot som skal langtidslagres er høsteteknikk en spesielt viktig faktor for lagringsevnen. Innstillingen og bruken av de ulike komponentene på toppløfteren kan være avgjørende for å unngå avlingsskade. Skader ved maskinell høsting kan utgjøre opp til 20 % sammenlignet med håndhøsting (Balvoll, 1999). Seljåsen (2001) har testet effekten mekanisk stress har på gulrota. Det ble benyttet håndhøsting og mekanisk høsting med en ASA-Lift. Partier fra begge høstemetodene ble utsatt for ytterligere stress med en «shipping-tester» der gulrøtter ble plassert i en kasse på maskinen og ristet i tre retninger. Åndingsnivået og etylenproduksjon, samt innholdet av naturlige kjemikalier og næring ble deretter målt. For å hente inn data om stress og støtskader ble det benyttet en gummigulrot utstyrt med digitale sensorer for vibrasjoner og slag. Gummigulrota ble utsatt for simulert håndhøsting og mekanisk høsting. Håndhøstingen viste lite utslag på stressmålingen over 5 sekunder, mens den maskinelle høstingen viste store utslag fra fall mellom bånd og ned i kassen fra ASA-liften over 20 sekunder. Stresstesten i shipping-testeren varte i 60 sekunder og viste størst utslag per sekund. Mellom mekanisk- og håndhøstet vare ble det funnet forskjeller i nivået av kjemikalier og næringsstoffene, som videre er tett knyttet til lagringsevnen til gulrota. Forskjellen ble derimot ikke klassifisert som signifikant. Forskjellen mellom ristet og ikke ristet rot, samt forskjellen i sensitivitet mot mekanisk stress på de 5 ulike sortene i forsøket, ble klassifisert som signifikant. Gulrøttene ble ikke langtidslagret.

Gulrota har en tydelig økning av vevsstyrke med alderen. Ytterligere økning kan oppnås med senere såtidspunkt og lik veksttid. Dette gjør at rota er mindre påvirkelig av stress og skader (Hole, Drew, Smith & Gray, 1999). Modningsgraden påvirker lagringen, men det finnes få klare kriterier om optimalt høstetidspunkt (Solberg, 2003). Forskning utført på effekten av modningsgrad ved langtidslagring har gitt ulike resultat. Forsøket til Wold (2014) tok for seg tre ulike såtidspunkt, fra midten av mai til slutten av juni, for to ulike sorter over tre år. Alle røttene ble høstet på samme tid i uke 39 for å unngå variabler. Gulrøttene ble deretter lagret i 6 måneder og kvalitet ble analysert. Det ble registrert en høyere konsentrasjon av falcarindiol på de yngste røttene i den ene sorten men ellers var det ingen signifikant forskjell på polyacetylen-nivået mellom modningsgradene. Det ble konkludert med at yngre røtter hadde bedre lagringsevne og mindre smitte enn eldre røtter. Forsøket til Suojala (1999) tok for seg en rekke ulike høstetidspunkt for to ulike sorter over 3 år. Såtidspunkt varierte lite fra år til år og ble stort sett utført i slutten av mai. Høstetidspunktene varierte med 1 – 1,5 måned fra september til oktober. Nedbør og temperaturforhold ble loggført 14 dager før høsting og vekt av hver rot ble registrert. Værforholdene i forsøket påvirket stort sett ikke lagringsevnen. Det ble konkludert at lagringsevnen ble bedre frem til starten av oktober og holdt seg stabil helt til frostskafer oppstod sent i oktober. Lagringsevnen ble klassifisert som svinn per uke i prosent for de ulike høstetidene. Ulike sorter ble brukt i begge forsøkene.

Valg av riktig sort til lagring er en viktig vurdering, da ulike sorter som er sådd samtidig kan ha vesentlig forskjellig utviklingshastighet. Ulike sorter klassifiseres som tidlig, halvtidlig, middels sen og sen. Sortene kan også ha ulikt innhold av naturlige forsvarsstoffer og hvor fort disse reduseres over tid kan også være ulikt (Solberg, 2003). Gulrotsorten må også være egnet for maskinhøsting da kvaliteten på riset kan variere med sorten. Under høsting er det estimert at rundt 4 – 5 % av avlingen ligger igjen på jordet som et resultat av dårlig styrke på riset, dårlig ugrashåndtering og ujevn åker (Bond, 2016).

Etter høsting må varene transporteres på en skånsom måte fra åker og inn på lager da gulrøttene kan utsettes for ytterligere stresskader under innkjøringen (Seljåsen et al., 2001). Ved høsting i svært grovkornet sand kan gulrota utsettes for sår når den dras opp av jorda. Om det er kjent at jorda ikke har et høyt smittepress fra sopper som utvikler seg raskt ved høy temperatur kan sårheling utføres. Kassene settes da i et rom som holder ca. 15°C og en luftfuktighet på ca. 90 % (Balvoll, 1985). Gulrota danner da korkceller over sårene der en positiv effekt kan oppnås etter 6 timer og maksimal effekt etter 5 dager (Schmidt, 2012).

6. Lagring

Når gulrøttene kommer inn på lager er det viktig at kjøleanlegget allerede har etablert en stabil temperatur i rommet. Kjøleanleggets oppbygning består av fordamper (kjøleelement), kompressor, kondensator og strupeventil, samt et kjølemedium med lavt kokepunkt.

Nedkjølingen skjer ved å utnytte de ulike kokepunktene til kjølemediet ved ulike trykk. I fordamperen har kjølemediet lavt trykk og lavt kokepunkt. Kjølemediet er da i væskeform men varmes opp av lufta på lageret og går over til gass. Varmen følger gassen og trykkes av kompressoren som øker kokepunktet. Gassen sendes til kondensatoren der varmen blir frigjort til omgivelsene og blir til væske igjen. Væsken sendes tilbake til fordamperen gjennom strupeventilen der trykket reduseres (Grimenes, Jerstad & Sletbak, 2011, s. 310). Mange eldre anlegg inneholder kjølemedier som er svært miljøfarlige og skal derfor fases ut fra år 2020. Dette vil si at man kan beholde anlegget man har noen år til men det kan ikke utføres service på det, bare tapping av gass og demontering. Loven tvinger inn mer effektive nedkjølesystemer, med avanserte sensorer og temperaturlogging (Produktforskriften, 2018).

Ved høsting kuttes gulrotas tilgang på vann og næring og de oppbygde næringsreservene i rota nyttes for å prøve å holde metabolske prosesser i gang. Denne prosessen kalles ånding og er i bunn og grunn det motsatte av fotosyntese. Forenklet tar rota til seg oksygen, og ved omdanning av sukkeret i planta gir det karbondioksid, vann og energi (Wills et al., 2007).



Før høsting vil tapene fra prosessene i planta bli erstattet fra fotosyntese, mineraler og opptak av vann. Prosessene i rota fortsetter etter høsting og siden reservene ikke kan fylles opp igjen har en nedbryting startet. Ved 20 – 30 grader ånder gulrota mest, men nedkjøling av varene senker åndingsintensiteten og dermed også nedbrytingen (Wills et al., 2007).

Optimal temperatur for lagring av gulrot er 0°C da dette sinker alle prosessene assosiert med nedbryting og utvikling av soppsykdommer. Det er viktig å få temperaturen på varene ned så fort som mulig etter høsting med mindre sårheling utføres. Gulrøttene i kjernen av kassene kan ta flere uker å få kjølt helt ned da de fremdeles ånder og avgir varme. Ett tonn gulrot produserer 180W ved 20°C og 20W ved 0°C. Nedkjølingen tar også lenger tid ved bruk av kasseforinger og ved bruk av storkasser. Nedkjølingen må derimot ikke påføre frostskaader på gulrota da dette kan ødelegge cellevevet og fremme nedbryting (Balvoll, 1985).

Peridermen fryser ved $-0,97^{\circ}\text{C}$ hos økologisk gulrot og $-1,31^{\circ}\text{C}$ hos konvensjonelt dyrket gulrot (Bantle & Tolstorebrov, 2017, s. 20, 23). Frysepunktet for gulrota avhenger av sukkerinnholdet i rota og siden ånding omdanner sukker til CO_2 gjør dette gulrota mer følsom for temperatursvingninger over tid. Kassene som står nærmest kjøleelementet er mest utsatt for frostskafer da lufta som kommer ut fra fordamperen er noe kaldere enn innstilt romtemperatur (Wills et al., 2007). En god kapasitet på viftene i fordamperen er også viktig for å få en effektiv nedkjøling. Gulrota kvitter seg med varme ved konveksjon, og en god omrøring av lufta på lageret gjør at nedkjølingen er jevn og rask. Kontroll av temperatur i rommet, kassene og ut fra fordamperen er spesielt viktig da unøyaktige termostater kan forårsake temperatursvingninger med ødeleggende effekt ved en endring på bare $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (Solberg, 2003). Ved økt lufthastighet kan derimot gulrota lettere utsettes for uttørking. En luftfuktighet på $>98\%$ bør opprettholdes for å hindre uttørkingen (Edelenbos, 2008). God omrøring i rommet kan også ha en positiv effekt på fjerning av skadelige avgasser produsert av gulrota, som etylen (C_2H_4). All frukt og grønt produserer etylen som kan fremskynde modning og nedbrytningsprosesser samt produksjon av phytoaxelinet 6 – Methoxymellein. Gulrøtter med skadet plantevev produserer mer etylen enn friske røtter. Negativ effekt av etylen kan forekomme fra bare 0,1 ppm, men fremskynder nedbryting i skadet vev mest (Lafuente, Lòpez-Gàlvez, Cantwell & Yang, 1996).

Hvordan de ulike lagringsforholdene bør være blir forsket på i stor skala i OPTIROT prosjektet. Prosjektet er ikke ferdig ennå, men prosjektet tar for seg alt fra hvordan kassene bør være stablet inne på lager for å få en god nok omrøring og nedkjøling i rommet, til forhold og tiltak for minimering av lagringssykdommer (NIBIO, 2016). For mange er det som gjøres i forsøket kjent kunnskap, men har ikke blitt bekreftet på en stor skala. «Per i dag har prosjektet bare bekreftet det vi har visst i 20 år» (pers. med. Arne Gillund, Norgro A/S).

7. Diskusjon

Å minimere gulrotsvinnet grunnet plantepatogene soppsykdommer byr på utfordringer, men vil kunne være svært lønnsomt for produsenten. Tiltakene for å redusere skadeomfanget av soppsykdommene vil variere noe, da biologien til de forskjellige soppartene er ulik. Man må derfor begynne med å identifisere hvilke skadegjørere som er tilstede i avlingen. Deretter kan man begynne å planlegge strategier og tiltak for å; redusere omfanget av sopper som overlever i jorda, hindre smitte og begrense utviklingen av infeksjonen.

For å redusere smittepresset i jorda, vil et godt vekstskifte over flere år kunne redusere omfanget av hvilesporer i jorda, i motsetning til ensidig dyrking der soppene får årlig fornying av vertsplanter (Balvoll, 1985). På en annen side vil jorda trolig aldri bli fri for smitte siden flere sopparter kan spres over lange avstander, da særlig storknolla råtesopp og gråskimmel (Hermansen, 2017; Hermansen et al., 2018). Svinnet på 4 – 5 % ved høsting (Bond, 2016) vil trolig kunne resultere i et økt smittepress i åkeren, da det kan dreie seg om flere tonn med vertsplantemateriale hos noen produsenter. Derimot vil dette svinnet kunne reduseres med optimale vekstforhold og sortvalg, siden kvaliteten på riset trolig vil bedres.

En reduksjon av smittepresset i jorda vil også kunne sies å være et godt tiltak for å hindre smitte på avlingen, da det vil være færre spiredyktige hvilesporer tilstede i jorda. Annet enn vekstskifte er det begrenset hvilke tiltak man kan nytte for å hindre smitte av avlingen når røttene fortsatt står i jorda. Det vil derimot være mulig å sprøyte forebyggende mot sopper som smitter riset, da særlig klosopp og gulrotkvitflekk (Hermansen, 2011a, 2011b).

Ved høsting legges mye av grunnlaget for potensiell smitte i avlingen. Ettersom soppene har lettere for å infisere skadet og stresset vev (Wills et al., 2007), vil høsteteknikk og håndtering av varene trolig være viktig for lagringsevnen til gulrota. Dette kan utdypes videre ved at støt og vibrasjoner under høsting og transport kan fremme ånding og prosesser knyttet til nedbryting av plantevevet (Seljåsen et al., 2001). Eksempler på dette kan være skade påført fra knivbjelkene eller støtskade når røttene faller ned på båndet og i kassen uten falldemper. Hvis all nedbryting og svekking av plantevev vil kunne gi sopper en bedret inngangsport for smitte (Wills et al., 2007), underbygger det også viktigheten av å holde kassene fri for jord og planterester ved høsting, da dette kan føre til et økt smittepress på lager (Balvoll, 1985).

På en annen side kan det se ut som senere såtidspunkt har innvirkning på vevsstyrken til gulrota (Hole et al., 1999), som igjen vil kunne føre til at gulrota vil være mindre mottagelig for skader under høsting. Dette vil derimot forskyve høstetidspunktet for langtidslagringen. Forskning på såtidspunkt og høstetidspunkt opp mot modningsgrad har gitt ulike resultater.

Forsøket til Wold (2014) viste at senere såtidspunkt, yngre røtter, førte til bedre lagringsevne enn tidlig såing. Dette motstrider med forsøket til Suojala (1999), som viste at lagringsevnen til røttene ble bedre ved et senere høstetidspunkt enn tidlig høsting. På en annen side ble det også sett forskjellige utgangspunkt for forsøkene; ulike sorter ble brukt, Wold hadde et større spenn i såtidspunkt enn Suojala og ett felles høstetidspunkt mot 1,5 måneders spredning i høstetiden. Ettersom utviklingshastigheten og innholdet av forsvarsstoffer i rota kan være ulik fra sort til sort (Solberg, 2003), kan dette trolig ha påvirket resultatene. Gulrotas evne til å utvikle et sterkere plantevev ved senere såtidspunkt (Hole et al., 1999) vil også kunne tenkes å ha påvirket forsøkene. Det kan da tenkes at såtidspunktet har vel så stor innvirkning på lagringsevnen som høstetidspunktet ut fra sortvalg og modningsgrad.

For å begrense utvikling av infeksjoner og potensielt nye infeksjoner på lager, er en rask nedkjøling viktig for å hindre nedbryting av plantevevet (Balvoll, 1985). Viktigheten av dette kan utdypes videre gjennom åndingsintensiteten til gulrota, da prosessen vil gå fortere ved høyere temperatur, men reduseres med nedkjølingen. Om prosessen får pågå med høy intensitet over lengre tid, vil det trolig kunne føre til en reduksjon av sukkerinnholdet i rota (Wills et al., 2007) som igjen kan påvirke rotas evne til å motstå frostskaider (Bantle & Tolstorebrov, 2017). Sukkerinnholdet kan også tenkes å ha en innvirkning på hvor lenge og hvor langt under 0°C man trygt kan holde temperaturen i nedkjølingsfasen. En effektiv nedkjøling krever også en god kapasitet på kjøleanlegget sammen med god omrøring uten fare for temperatursvingninger i rommet. Omrøringen vil trolig ha en positiv effekt på fjerning av eventuell overproduksjon av etylen (Lafuente et al., 1996), og trolig en negativ effekt på uttørking av rota om luftfuktigheten ikke holdes på >98% (Edelenbos, 2008).

8. Konklusjon

Svekking og nedbryting av gulrotvevet er uunngåelig, da rota fremdeles vil ånde ved 0°C. For å minimere svinn må man optimalisere og opprettholde plantevevets kvalitet i alle ledd av produksjonen. Dette gjøres ved å; legge til rette for optimale vekstforhold opp mot sortvalget, utføre en skånsom høsting og håndtering av varene, effektiv nedkjøling og høy luftfuktighet på lager. Det å redusere utgangspunktet for smittepresset i jorda vil også være et nødvendig tiltak. Dette gjøres ved å; etablere et vekstskifte uten vertsplanter, utføre eventuell forebyggende soppstryking og renslig høsteteknikk som hindrer jord og planterester i kassene. En grundig kartlegging av skadeomfanget på produsentens avling bør ligge til grunne før tiltak iverksettes. Ut fra litteraturen i studiet er det tydelig at biologi og teknikk går hånd i hånd i gulrotproduksjon.

Litteraturliste

- A/S, A.-L. (2013). Carrot harvesters. Hentet 21.03.2019 fra <https://static.grimme.com/files/2013/05/23/1541e747f980dd7170efb59cc6d5fa6bd453e0bb.pdf>
- Balvoll, G. (1985). *Lager og lagring*. Tønsberg / Oslo: Landbruksforlaget.
- Balvoll, G. (1999). *Grønsakdyrking på friland* (6. utgave utg.): Landbruksforlaget.
- Bantle, M. & Tolstorebrov, I. (2017). Thermal properties of organic foods, DSC analysis og apple, carrot, pork, salmon and salmon oil. Trondheim.
- Bond, R. (2016). *Carrot Loss during Primary Production: Field Waste and Pack House Waste* (Mastergradsavhandling, Hedmark University of Applied Sciences). Hentet fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2392863>
- Edelenbos, M. (2008). How do alternative storage methods affect the storage potential of carrots? *III International Conference Postharvest Unlimited 2008* 858, 287-294. doi: 10.17660/ActaHortic.2010.858.43
- Grimenes, A. A., Jerstad, P. & Sletbak, B. (2011). *Grunnleggende fysikk for universitet og høyskole*. Oslo: Cappelen Damm.
- Hermansen, A. (2011a). Gulrothvitflekk. Hentet 08.03.2019 fra <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/481/>
- Hermansen, A. (2011b). Klosopp. Hentet 08.03.2019 fra <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/1270/>
- Hermansen, A. (2017). Storknolla råtesopp. Hentet 24.03.2019 fra <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/473/>
- Hermansen, A., Stensvand, A. & Bøvre, J. (2018). Gråskimmel. Hentet 24.03.2019 fra <https://www.plantevernleksikonet.no/l/oppslag/466/>
- Hind, L. J. (2016). Skal redusere svinn ved lagring av rotgrønnsaker. Hentet 07.03.2019 fra <https://www.nibio.no/nyheter/nsker-mindre-svinn-ved-lagring-av-rotgrnnsaker>
- Hole, C. C., Drew, R. L. K., Smith, B. M. & Gray, D. (1999). Tissue properties and propensity for damage in carrot (*Daucus carota* L.) storage roots. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(5), 651 - 657. doi: 10.1080/14620316.1999.11511168
- Lafuente, M. T., Lòpez-Gàlvez, G., Cantwell, M. & Yang, S. F. (1996). Factors Influencing Ethylene-induced Isocoumarin Formation and Increased Respiration in Carrots.

-
- Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(3), 537–542. doi: <https://doi.org/10.21273/JASHS.121.3.537>
- Lofthus, Ø. (2018). Gulrot. Hentet 15.03.2019 fra <https://snl.no/gulrot>
- Louarn, S., Nawrocki, A., Edelenbos, M., Jensen, D. F., Jensen, O. N., Collinge, D. B. & Jensen, B. (2012). The influence of the fungal pathogen *Mycocentrospora acerina* on the proteome and polyacetylenes and 6-methoxymellein in organic and conventionally cultivated carrots (*Daucus carota*) during post harvest storage. *Journal of proteomics*, 75(3), 962-977.
- NIBIO. (2016). OptiRot - Optimalisering av råvarer og teknikk for bedre kvalitet og redusert svinn under lagring av rotgrønnsaker (Innovasjonsprosjekt i næringslivet - BIONÆR). Hentet 25.12.2019 fra <https://nibio.no/prosjekter/optirot>
- Produktforskriften. (2018). *Forskrift om begrensning i bruk av helse- og miljøfarlige kjemikalier og andre produkter*. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-922/KAPITTEL_8#KAPITTEL_8.
- Schmidt, A. K. R. (2012). *Betydningen av modningsgrad, sårddybde og temperatur for utviklingen av klosopp og gulrothvitflekk på lagret gulrot* (Mastergradsavhandling, Norwegian University of Life Sciences). Hentet fra <https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/189559>
- Seljåsen, R., Bengtsson, G. B., Hoftun, H. & Vogt, G. (2001). Sensory and chemical changes in five varieties of carrot (*Daucus carota* L) in response to mechanical stress at harvest and post-harvest. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(4), 436-447. Hentet fra <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/1097-0010%28200103%2981%3A4%3C436%3A%3AAID-JSFA837%3E3.0.CO%3B2-R>. doi: doi:10.1002/1097-0010(200103)81:4<436::AID-JSFA837>3.0.CO;2-R
- Seljåsen, R., Kristensen, H. L., Lauridsen, C., Wyss, G. S., Kretzschmar, U., Birlouez-Aragone, I. & Kahl, J. (2013). Quality of carrots as affected by pre- and postharvest factors and processing. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 93(11), 2611-2626. doi: 10.1002/jsfa.6189
- Solberg, S. Ø. (2003). Rotgrønnsaker - en profil av produksjon, varebehandling og økologi. *Grønn kunnskap*, 7(15), 12 - 29.
- Solberg, S. Ø. (2016). Hvordan gulrot blir påvirket av vekstskifte. Hentet 10.03.2019 fra <https://www.agropub.no/fagartikler/gulrot-og-hvordan-de-blir-pavirka-av-vekstskifte>

-
- SSB. (2016). Tabell: 10507: Avling og areal, etter hagebruksvekst, statistikkvariabel og år.
Hentet 15.03.2019 fra <https://www.ssb.no/statbank/table/10507/tableViewLayout1/>
- Suojala, T. (1999). Effect of harvest time on the storage performance of carrot. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 74(4), 484-492. doi:
10.1080/14620316.1999.11511141
- UiO, I. f. B. (2018). Korkambium. Hentet 15.03.2019 fra
<https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/k/korkambium.html>
- Wills, R., Mcglasson, B., Graham, D. & Joyce, D. (2007). *Post harvest, an introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables and ornaments* (5th edition utg.).
Sydney, Australia : University of New South Wales Press Ltd.: CAB International.
- Wold, A.-B., Thomsen, M. G. & Hermansen, A. (2014). Effekt av sort og modningsgrad (utviklingstid) på innhold av polyacetylen og angrep av lagringsspatogener hos gulrot. *Bioforsk FOKUS*, 9(9), 21-24. Hentet fra
<https://brage.bibsys.no/xmlui/handle/11250/2444062>.